

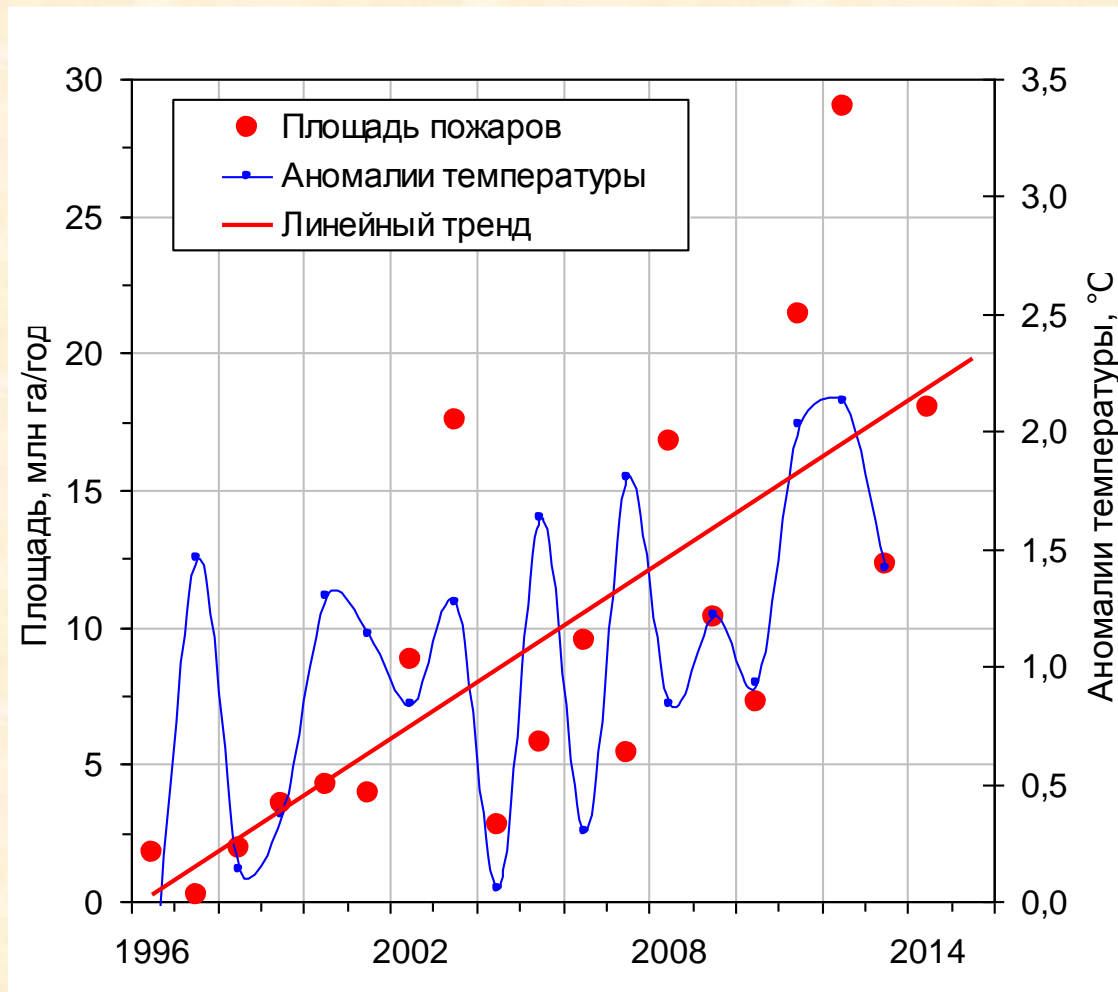
УЩЕРБ ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И МЕРЫ ПО ЕГО СОКРАЩЕНИЮ



Академик РАН И.В. Бычков
Сибирское отделение РАН

МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Пожары в Сибири и климат

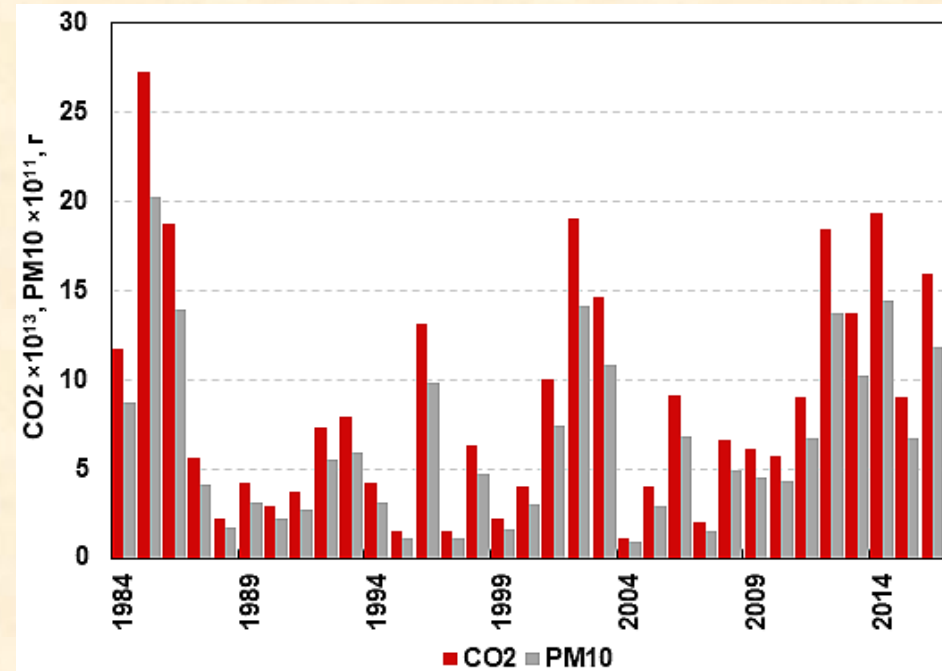
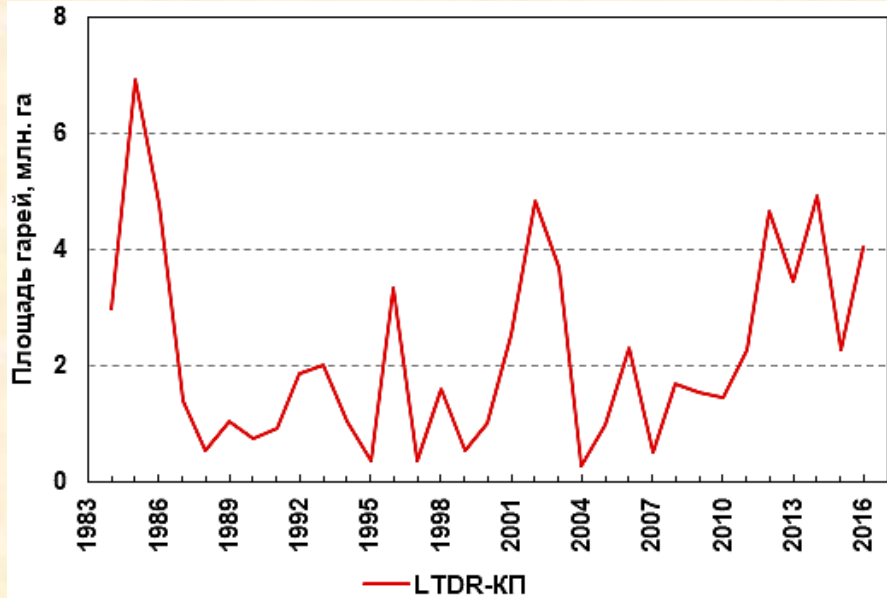


Динамика горимости лесов в Республике Бурятия за 1976-2014 гг.



В 2015 г. произошли наиболее значительные за всю историю наблюдений пожары, охватившие площадь 890 тыс. га. (Тулохонов, Пунцукова, 2016).

Восточная Сибирь, 1984-2016 гг.



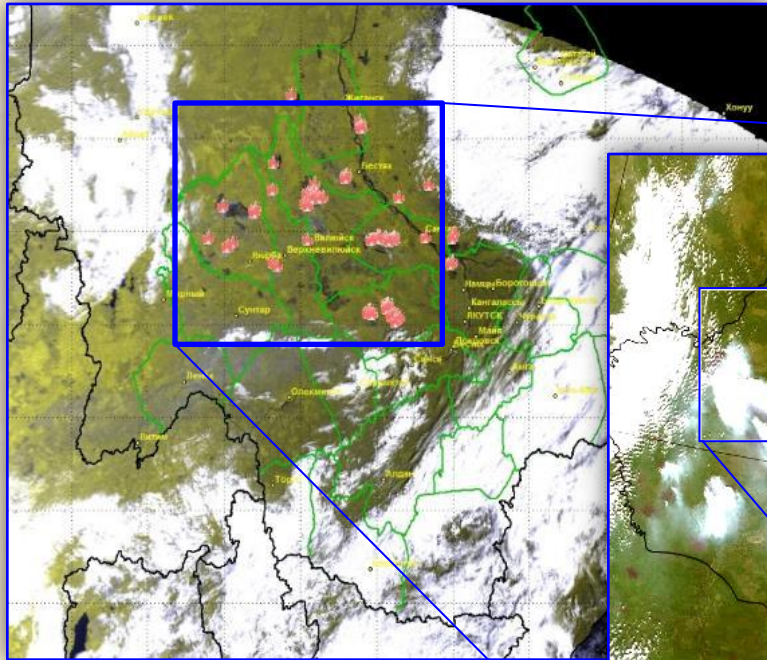
Последствия пожара на территории Баргузинской котловины, 2015 г.



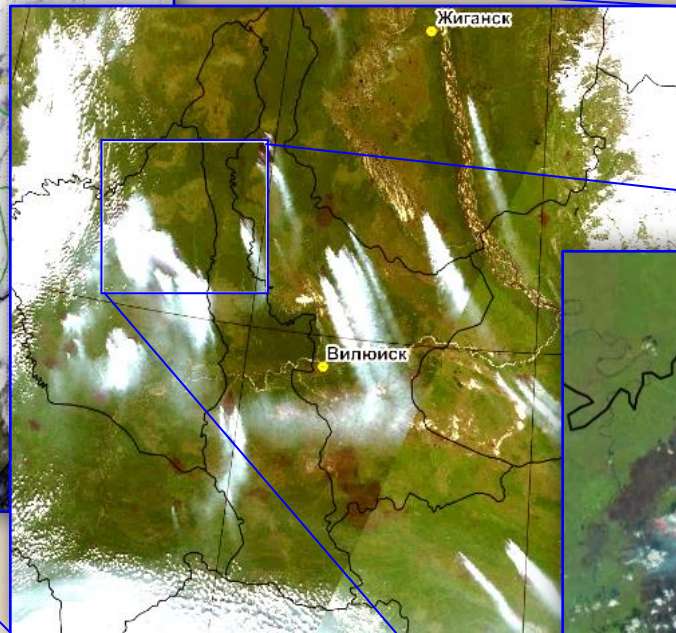
фото А.П. Софронова

Мониторинг лесных пожаров в Якутии по данным спутников низкого, среднего и высокого разрешения. 18 июля 2018 г.

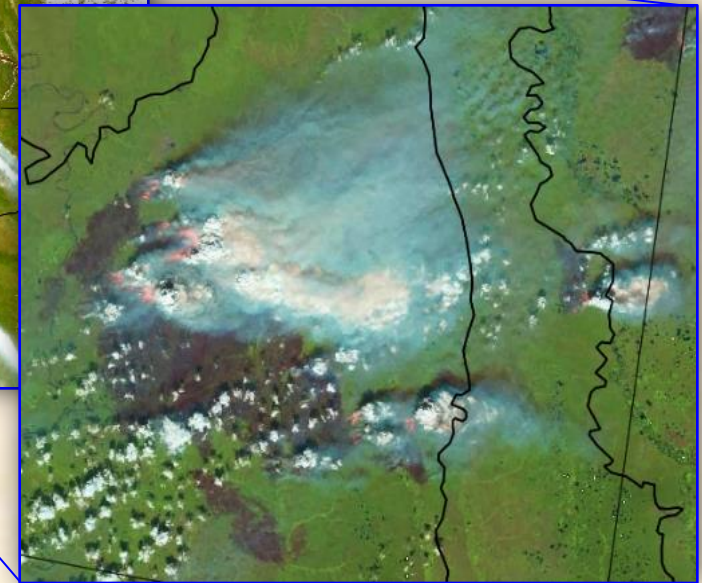
NOAA – 1 км



Terra – 500 м



Sentinel – 20 м

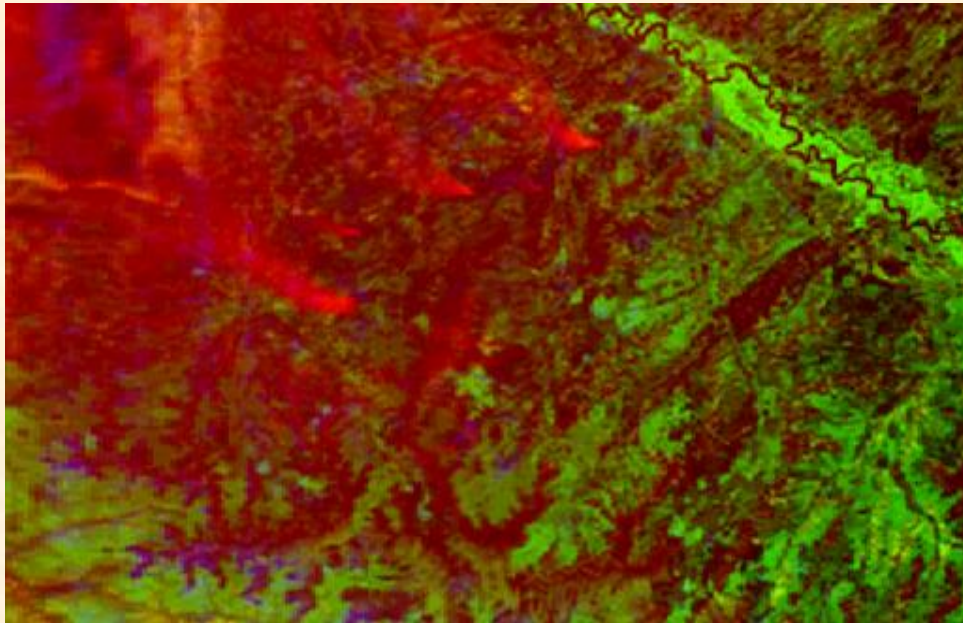


Раннее обнаружение лесных пожаров

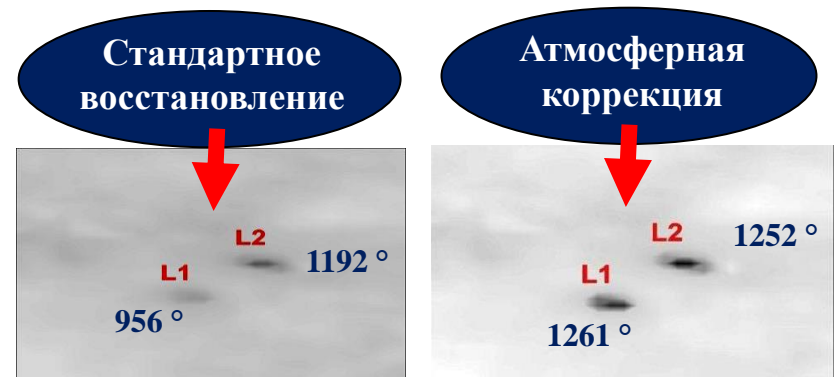
Результаты сравнения эффективности детектирования пожаров из космоса по данным AVHRR (ИОА) и MODIS (MOD14, NASA). В скобках – количество ранних обнаружений.

Месяц	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Всего
Кол-во пожаров	103	167	209	86	565
AVHRR (ИОА)	16 (7)	60 (22)	82 (37)	28 (11)	186 (77)
MOD14 (NASA)	7 (4)	28 (11)	53 (16)	10 (6)	98 (37)
MOD14/ Terra	6 (3)	20 (6)	43 (13)	9 (6)	78 (28)
MOD14/ Aqua	6 (4)	21 (7)	40 (8)	7 (4)	74 (23)

Многофакторный физический подход, суть которого состоит в том, чтобы определить на основе решения уравнения переноса излучения абсолютные значения мешающих/ фоновых радиационных вкладов (влияние атмосферы и других (кроме наблюдаемой) «точек» земной поверхности) в измеряемые яркости и устранить их из регистрируемых аппаратурой ДЗЗ сигналов.



Пример раннего обнаружения лесных пожаров на территории Томской области после атмосферной коррекции спутниковых снимков.



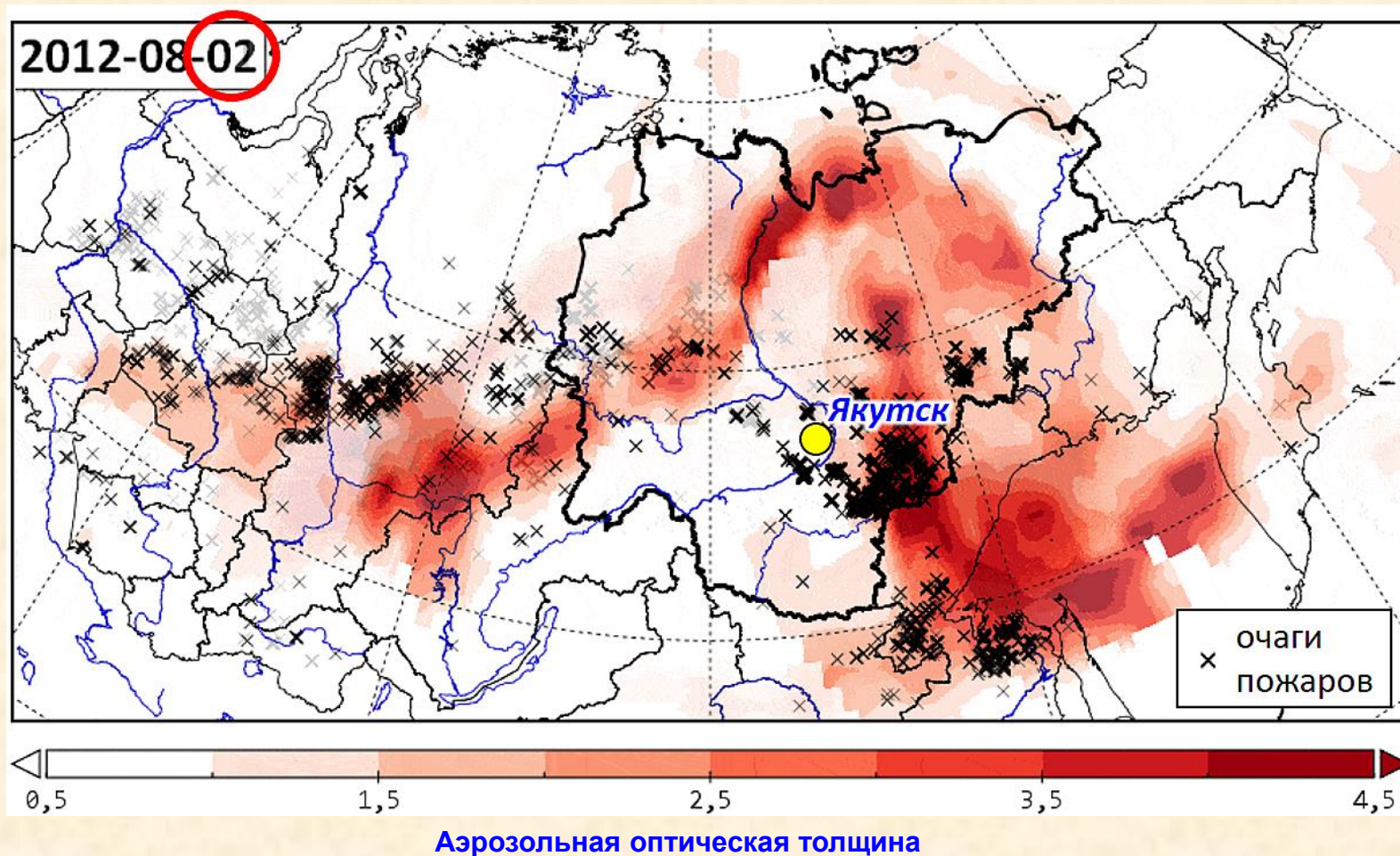
Пример восстановления темп-ры. двух факелов, экранированных полупрозрачным облаком:
слева – стандартные алгоритмы NASA,
справа – ИОА СО РАН.

Лесные пожары за период 01.07-24.08.2019

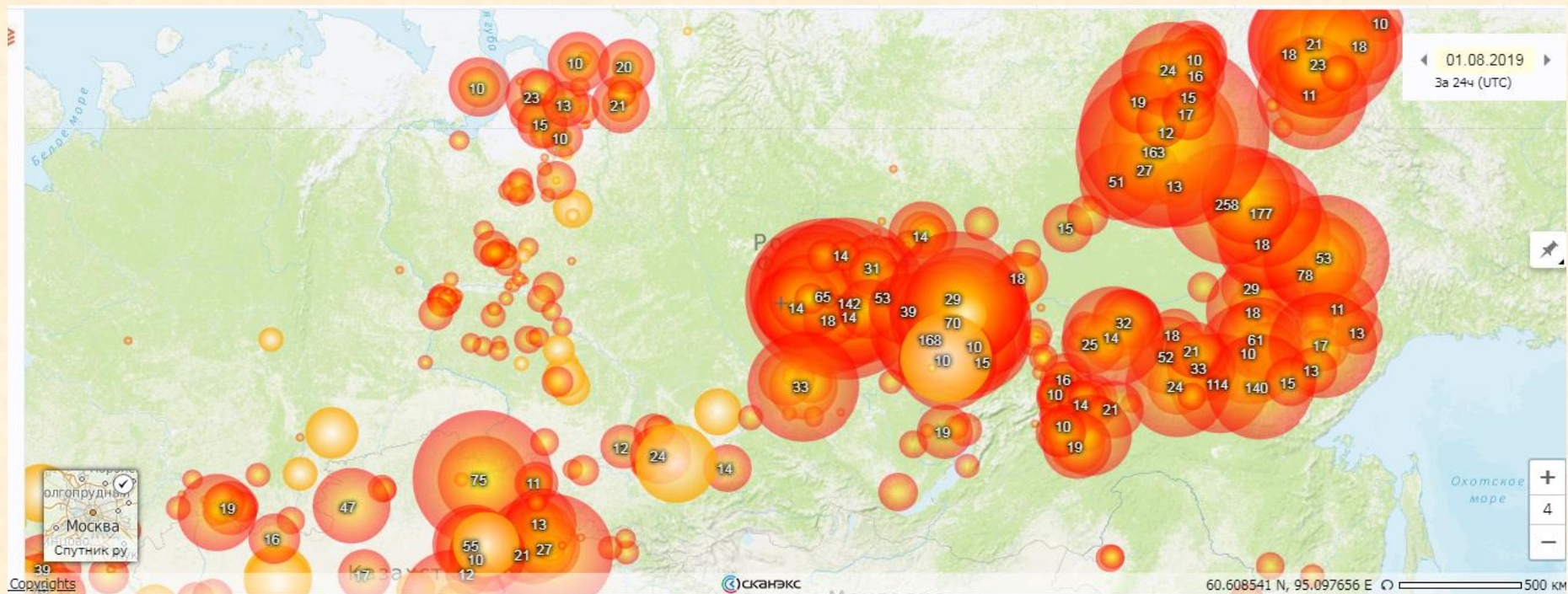


Загрязнение атмосферы дымовыми частицами лесных пожаров

Данные ИСЗ OMI/Aura



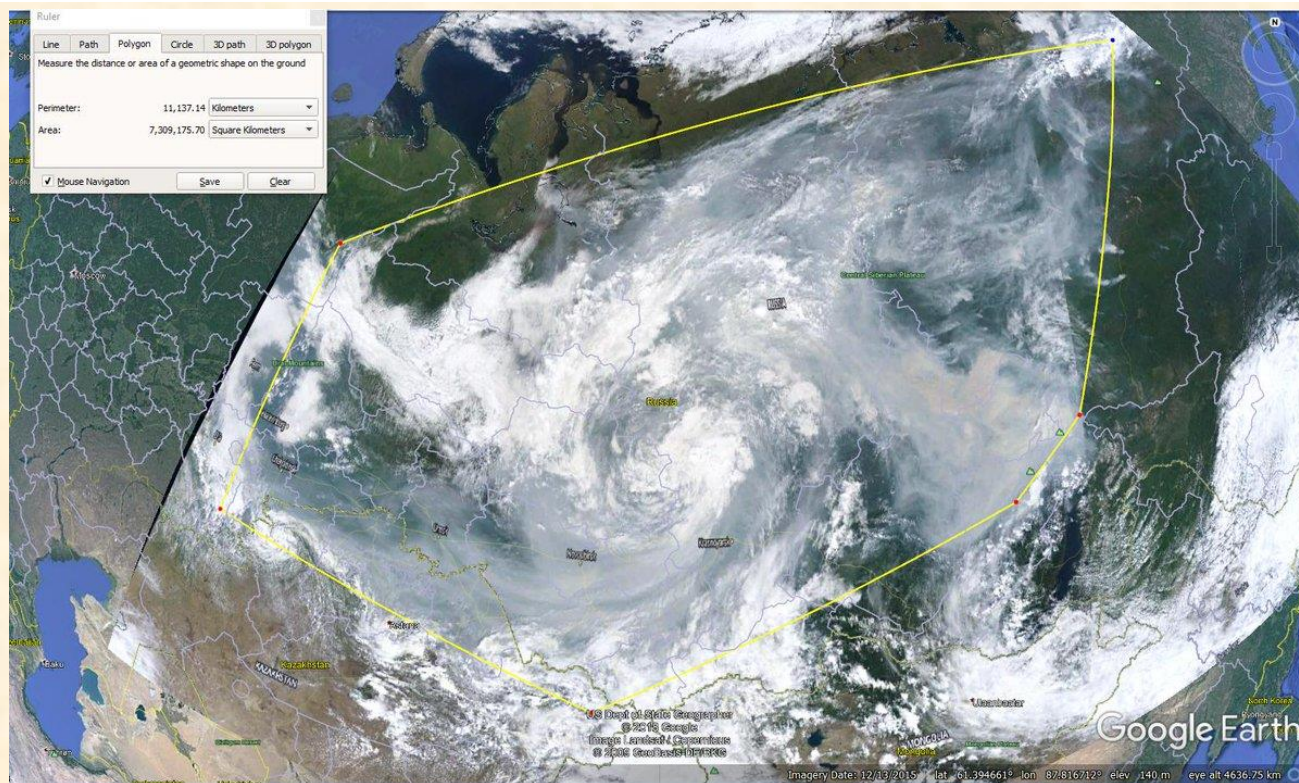
Распространенность лесных пожаров на 1.08.2019 г



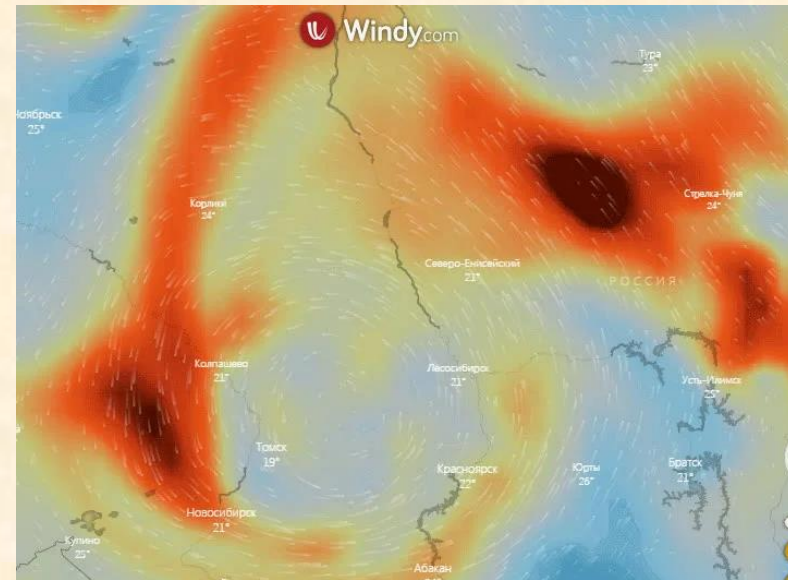
Динамика лесных пожаров в период



По данным Обсерватории Земли НАСА, дымовые шлейфы распространяются по всей территории России, охватывая крупные города и значительно ухудшая качество воздуха даже в тех регионах, где пожаров нет. Над центральной северной Азией образовался дымовой «колпак», охватывающий свыше 4,5 миллиона квадратных километров.



По словам географа и эколога Томаса Смита из Лондонской школы экономики, лесные пожары в этом году самые сильные за 16 лет спутниковых наблюдений. Ситуацию ухудшает то, что при сжигании древесины в атмосферу выбрасываются парниковые газы, которые усиливают глобальное потепление, создавая своего рода порочный круг. Количество диоксида углерода, выброшенного за июнь 2019 года с территории Северного полярного круга, превосходит его количество, выпущенное в результате пожаров в том же регионе за весь период 2010-2018 годов. По данным Обсерватории Земли НАСА, дымовые шлейфы распространяются по всей территории России, охватывая крупные города и значительно ухудшая качество воздуха даже в тех регионах, где пожаров нет. Над центральной северной Азией образовался дымовой «колпак», охватывающий свыше 4,5 миллиона квадратных километров.



Вид из космоса, Новосибирск и Красноярск в огне пожаров.
<https://zen.yandex.ru/media/id/...>

На фото Новосибирск днем 26.07.2019 года.

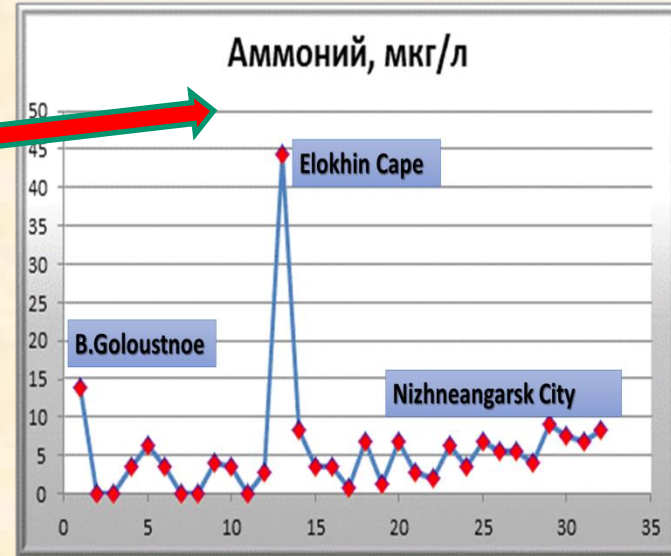


Сложившаяся чрезвычайная ситуация обусловлена комплексом причин, среди которых уже упоминавшееся аномально жаркое лето. Однако большинство специалистов считают, что борьба с пожарами велась только на 3,3% площади охваченных огнем лесов, а в **зонах контроля** лесных пожаров – такая борьба не велась по решению комиссий субъектов РФ, которые опирались на приказ Минприроды России № 426 от 8 октября 2015 г., разрешающий **«прекращение, приостановление работ по тушению в зонах контроля лесных пожаров при отсутствии угрозы населенным пунктам или объектам экономики в случаях, когда прогнозируемые затраты на тушение лесного пожара превышают прогнозируемый вред, который может быть им причинен»**.

Содержание в поверхностном слое оз. Байкал



12 часов
дня



Концентрации в приводной атмосфере Байкала

2005-2008 yrs
average perennial

2015-2016 yrs
days with fires

NH_4^+ 0,04-0,09

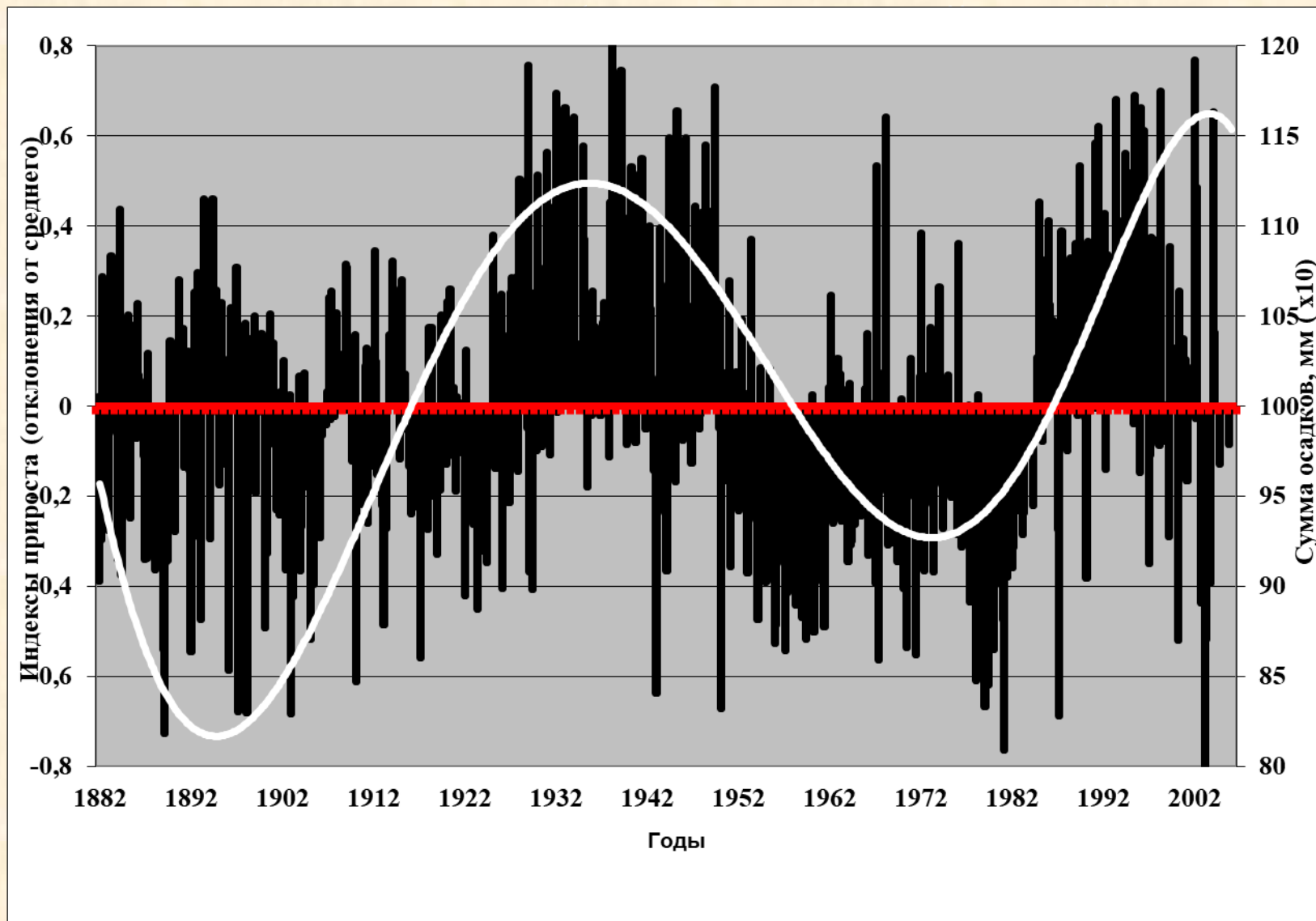
0,12-0,2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

NO_3^- 0,02-0,04

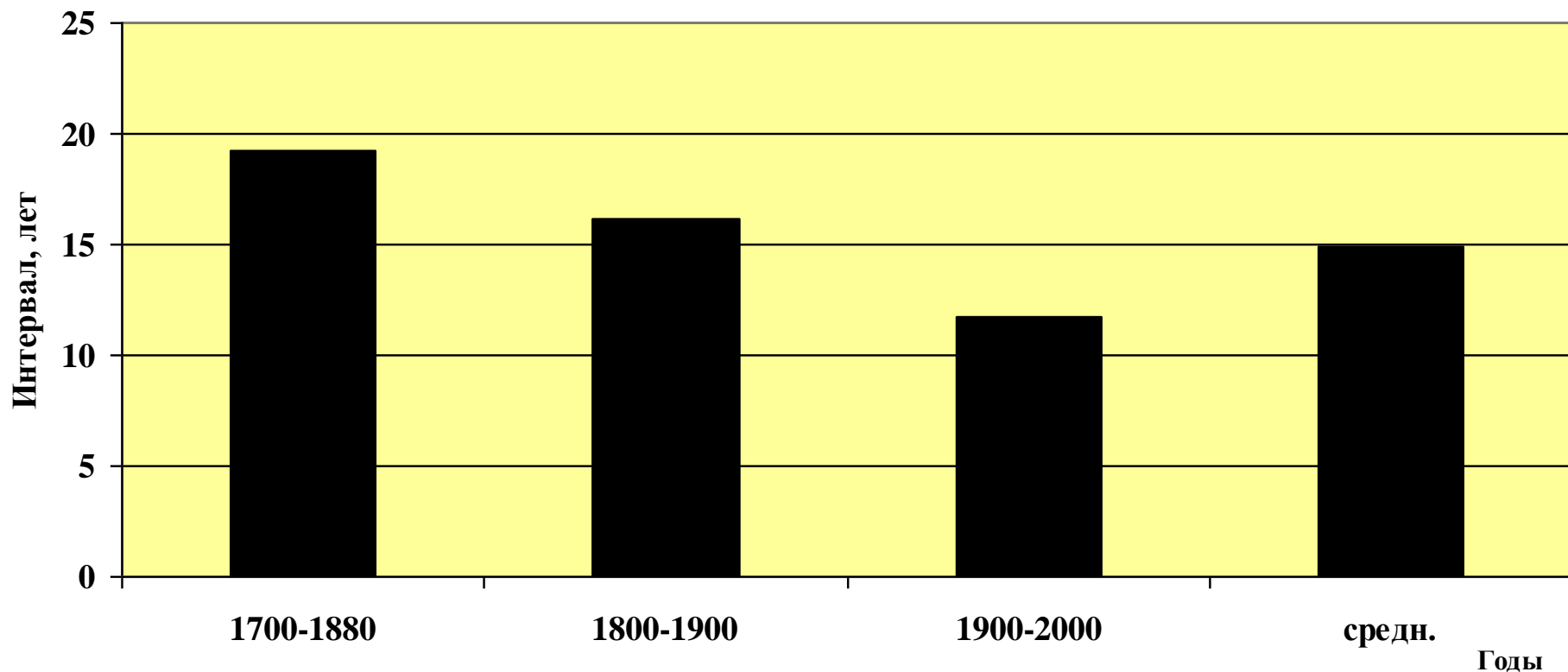
0,1-0,32 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Нормированная древесно-кольцевая пожарная хронология для сосняков Южного Прибайкалья (черный цвет) на фоне динамики атмосферного увлажнения мая-июня (белый цвет, полиномиальный тренд). Отклонения значений ширины годичного кольца (индекса прироста) от среднего в негативную сторону означают наличие депрессии прироста деревьев, вызванной пожарами.



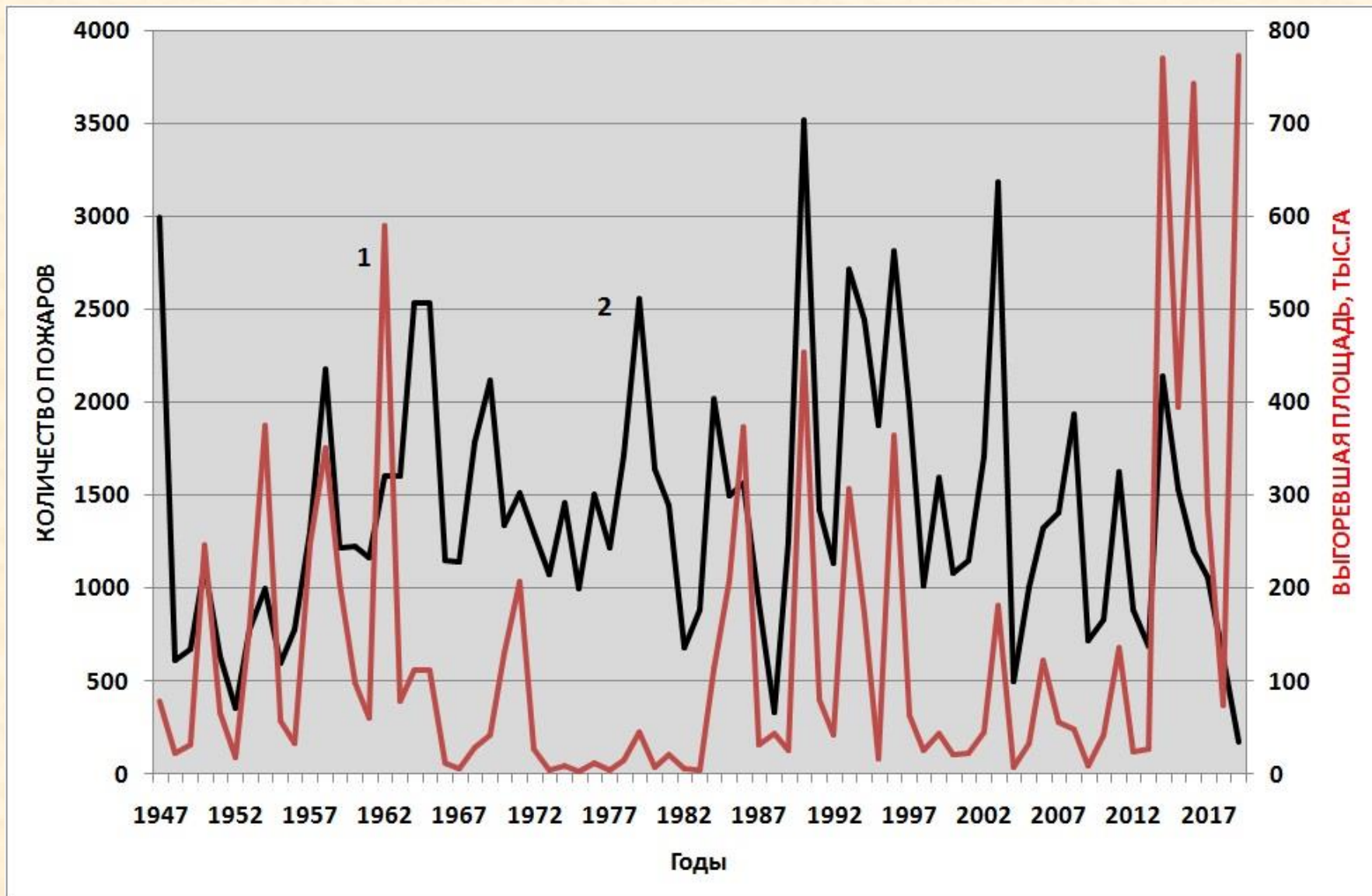
Межпожарный интервал в сосняках Баргузинской долины в XVIII-XX вв.



Анализ причины летних пожаров 2019 г.

Какова причина сложившейся ситуации с лесными пожарами летом 2019 г.? Это можно показать на примере Иркутской области. Анализ приведенного ниже графика, где приведены данные по количеству очагов лесных пожаров и показана выгоревшая площадь, дает ясный ответ на данный вопрос (рис.3). Данные получены из официальных источников информации. Хорошо видно резкое возрастание выгоревшей лесной площади, начиная с 2016 г., и вот почему. Приказом Минприроды России от 8 октября 2015 года №426 были введены "Зоны контроля лесных пожаров". Согласно этого приказа, внесшего изменения в правила тушения лесных пожаров, зоны контроля лесных пожаров представляют собой территории, устанавливаемые органами государственной власти субъектов РФ, в которых действующие лесные пожары допускается не тушить при отсутствии угрозы населенным пунктам или объектам экономики в случаях, когда прогнозируемые затраты на тушение лесного пожара превышают прогнозируемый вред, который может быть им причинен.

Количество очагов пожаров (2) и выгоревшая лесная площадь (1) в Иркутской области. Данные 2019 г. на конец



УЩЕРБ ОТ ПОЖАРОВ

Лесной пожар создал угрозу магистральному газопроводу в 20 км от г. Якутска июнь 2019 г. Снимки Sentinel-2 (20 м)

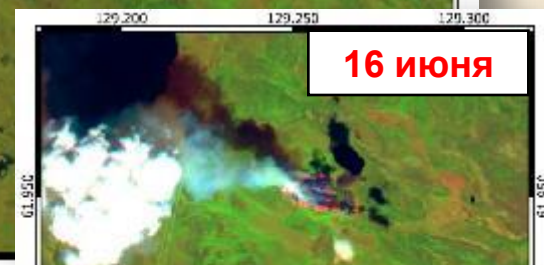
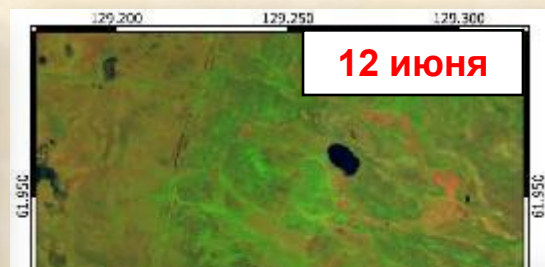
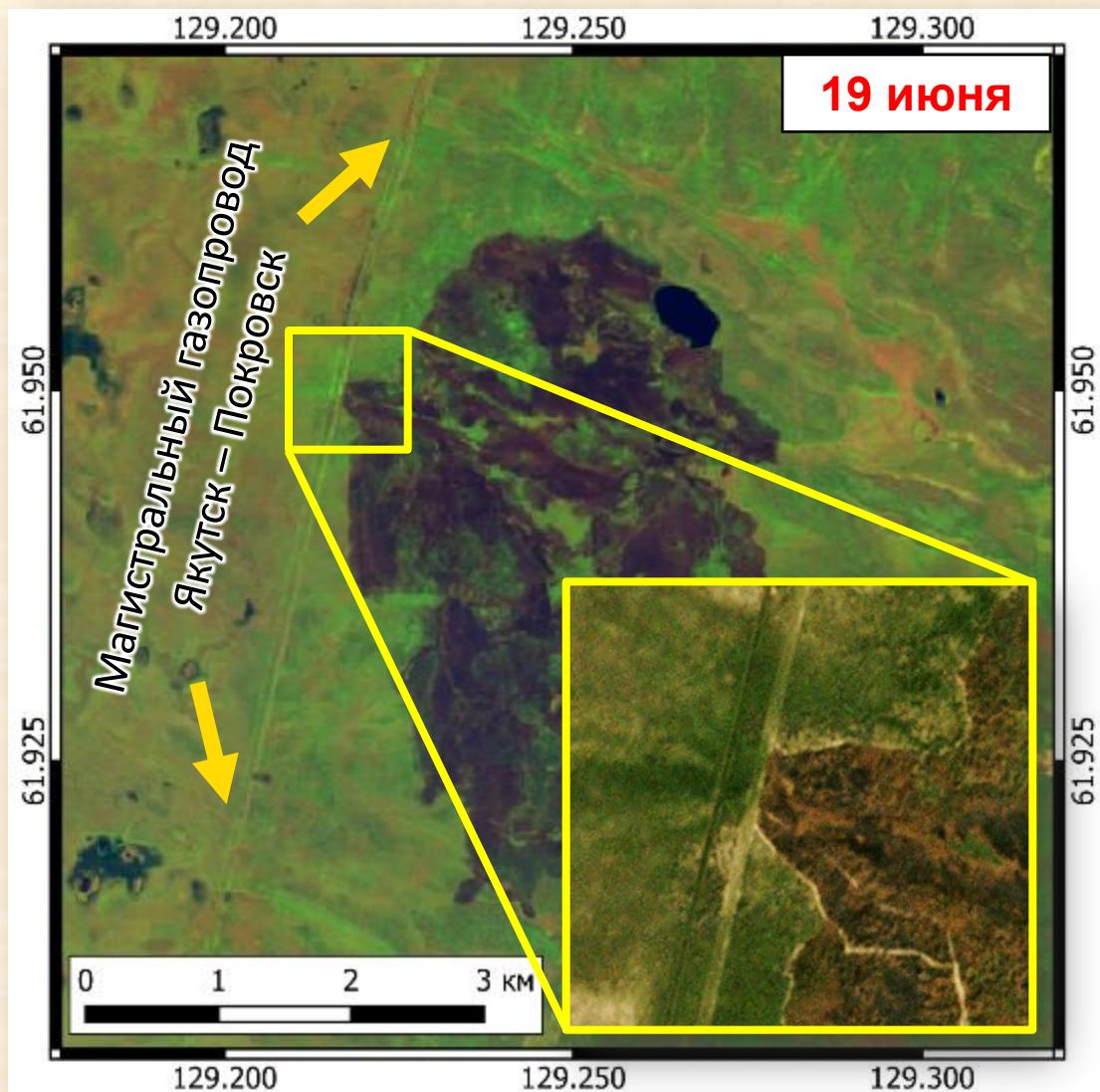
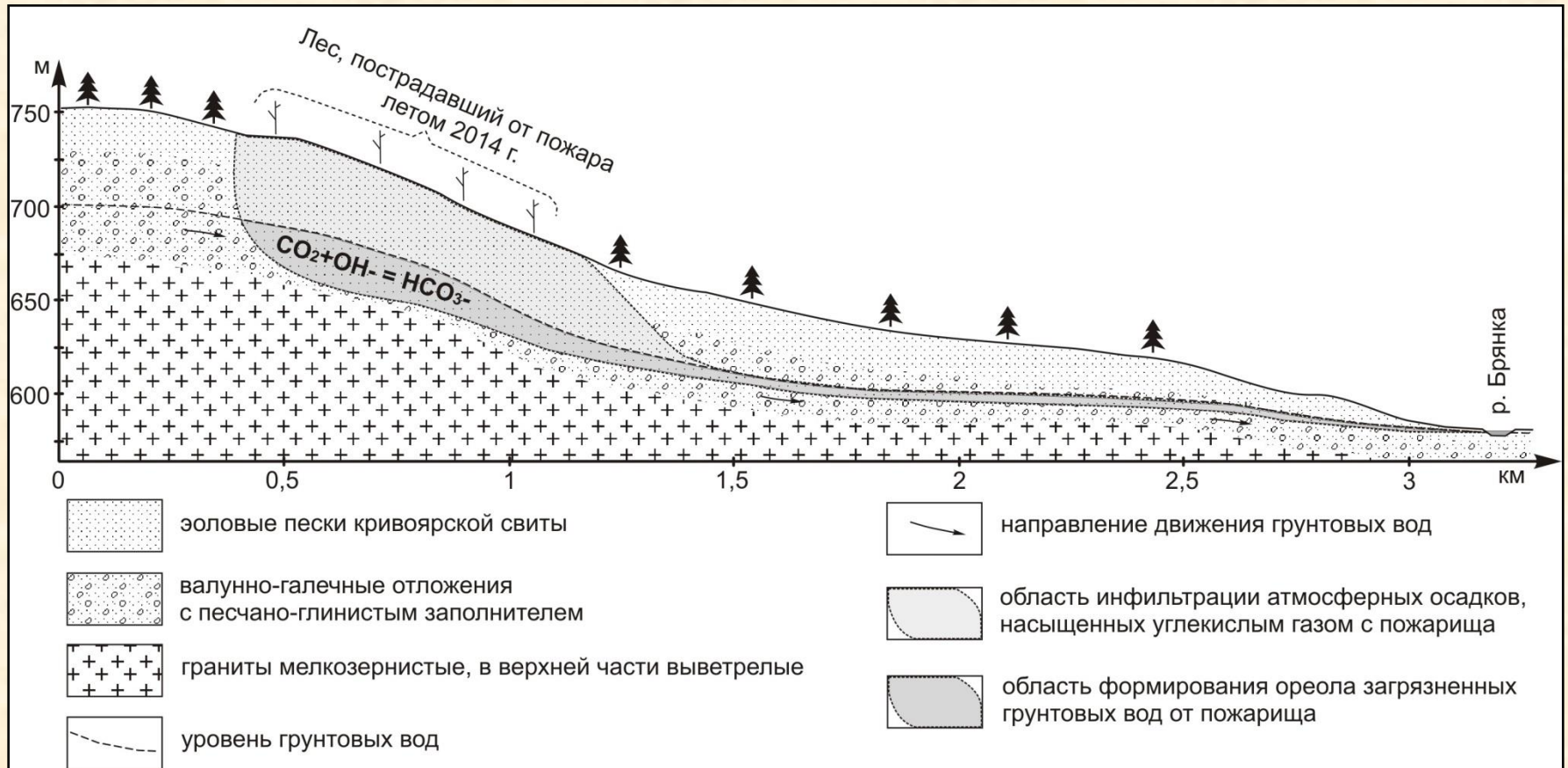


Схема распространения загрязнения от пожарищ в почвы и подземные воды в бассейне реки Брянка



✓ При наличии в воде большого количества CO_2 происходит активная нейтрализация щелочности, образующейся при выветривании алюмосиликатов.

✓ В водах происходит повышение концентрации гидрокарбонат-иона в результате реакции

$$OH^- + CO_2 = HCO_3^-$$

**Комплексная оценка ущерба от лесных
пожаров
(на примере г. Чита, S пожара = 1700 га)**

**Ресурсный
ущерб**

12,4 млн.руб.

**Экологический
ущерб**

12, 276млрд. руб.

**Медико-
социальные
потери**

215, 096 млн. руб.

**Комплексный ущерб от лесных
пожаров**

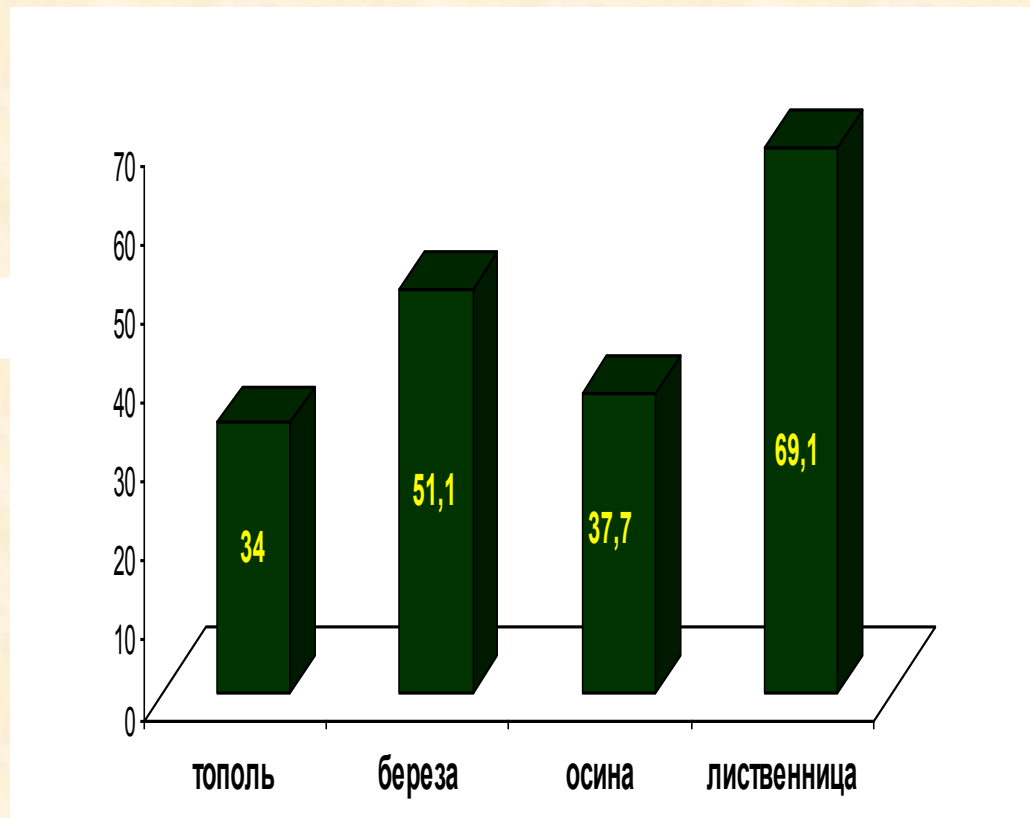
14,8 млрд. руб.

Ущерб от пожаров для здоровья людей

Главную угрозу жизни и здоровью людей представляет не огонь, а содержащий вредные и токсичные вещества дым от горящих деревьев и лесной подстилки. Этот смог покрывает населенные пункты, расположенные за сотни и тысячи километров от очага возгорания и пресловутых зон контроля. По данным мировой статистики лесных пожаров за последние 20 лет, обусловленная этим фактором преждевременная смертность на несколько порядков превышает число погибших от огня, и это по своей значимости уже относится к категории задач обеспечения национальной безопасности. Это предполагает принципиальные институциональные изменения, прежде всего, в Лесном кодексе и в организации лесной службы страны – прежде всего радикальное улучшение координации действий ведомств и региональных властей, повышение качества мониторинга и оценки обстановки, а при необходимости своевременного изменения статуса с регионального до федерального.

Увеличение дымообразования на промышленно развитых территориях, %

- ▶ Особенно опасны лесные пожары на территориях с высоким промышленным развитием
- ▶ Длительные техногенные эмиссии влияют на степень поражения лесной экосистемы и приводят к дисбалансу органических элементов и накоплению токсикантов в тканях растений
- ▶ Основными загрязнителями атмосферы при горении лесных массивов из техногенных зон являются: CO, CO₂, NO_x, SO₂, H₂S, C, HCN, SiO₂, HCHO, органические кислоты, бенз(а)пирен, ультрамелкие твердые частицы



Потенциально опасные для здоровья населения поллютанты и их повреждающее действие на организм

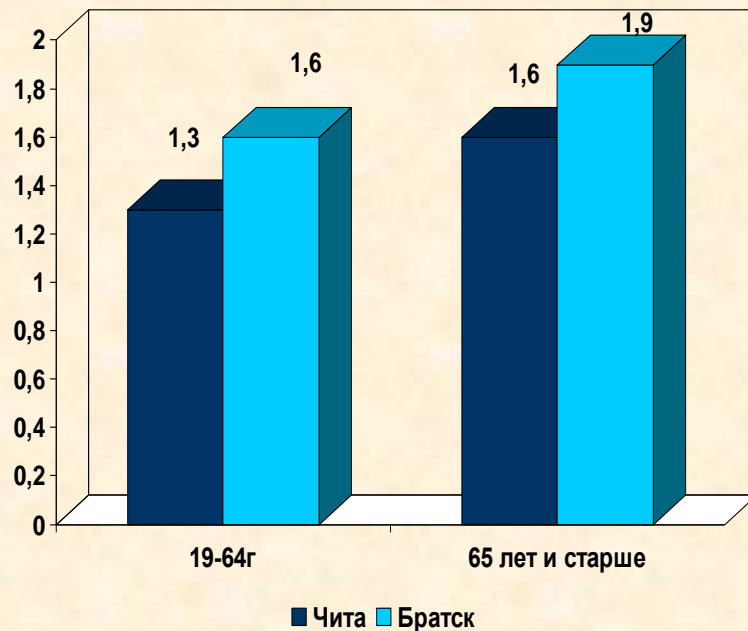
Органические
соединения

Неорганические
соединения



Рост обращаемости населения за скорой медицинской помощью в период лесных пожаров

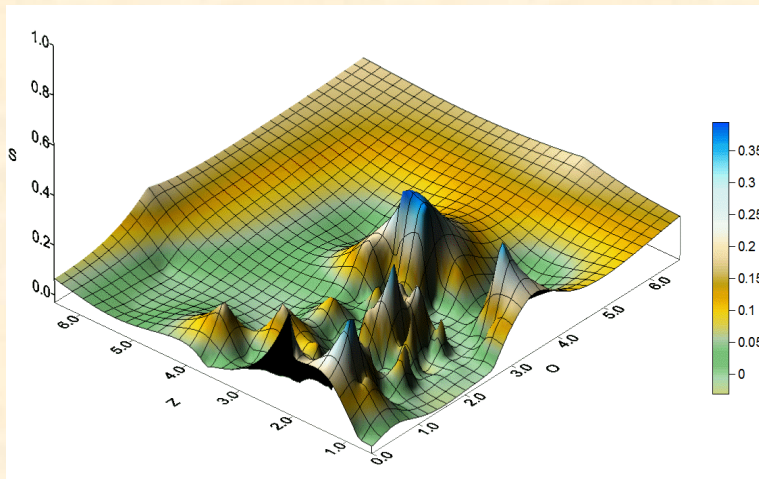
В дни задымления отмечен рост обращаемости за скорой помощью по поводу болезней дыхания и кровообращения (риск рассчитан относительно «фонового» в аналогичный сезон)



возраст

Зависимость обращаемости и смертности от загрязнения атмосферы в период пожаров

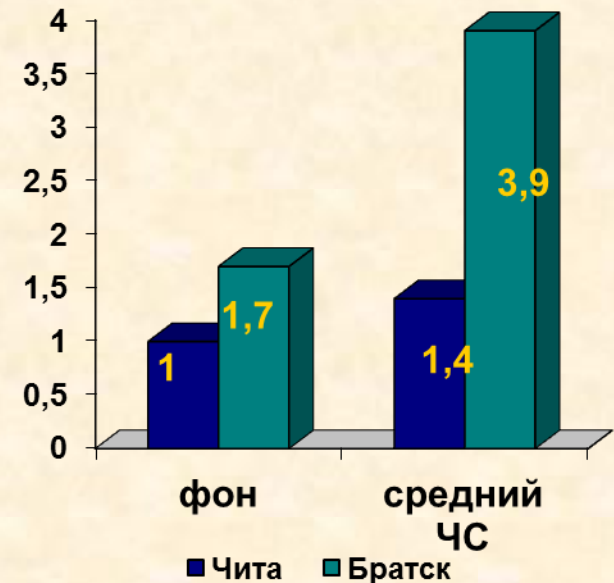
Ежедневные коэффициенты смертности населения в период лесных пожаров



- Обращаемость и смертность представлена по сумме болезней органов дыхания и кровообращения
- При трехмерном анализе показателей загрязнения, обращаемости, смертности выявлен критический уровень суммарного загрязнения атмосферы >5

- В дни максимального загрязнения коэффициенты достигали
- в Чите – **4,0**
- в Братске – **5,6** случаев на 100 тысяч населения

на 100 тысяч населения



Предложения по сокращению ущерба для здоровья населения

- Для объективной оценки влияния лесных пожаров необходимо усовершенствовать программу мониторинга за атмосферным воздухом: бенз(а)пирен, формальдегид, твердые наночастицы;
- Организовать систему динамического наблюдения за состоянием здоровья населения пострадавших территорий;
- На основе полученных данных разработать математическую модель для оптимизации оказания медицинской помощи в периоды лесных пожаров

**МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С
ПОЖАРАМИ И
ПРОФИЛАКТИКЕ ПОЖАРОВ**

Причины возникновения лесных пожаров:

объективные (природные)

источник – сухие грозы, грозовые разряды, самовозгорания торфяников.

При возникновении массовых лесных пожаров происходит установление блокирующего антициклона, что способствует возникновению положительно-обратной связи для распространения и продолжительности пожаров.

Возникает вопрос о прогнозировании места возникновения и продолжительности таких пожаров.

субъективные – человеческий фактор

В большинстве случаев пожары регулируются и управляются, они предсказуемы.

Динамика пожарной ситуации при лесных пожарах:

- управляемая обстановка (1 неделя, достижение 4-5 класса пожарной опасности);
- экстремальная обстановка (2 неделя);
- чрезвычайная, неуправляемая обстановка (3, 4 неделя).

Комплекс мер по основным направлениям:

- **По предотвращению возникновения пожаров**

Используются: информация по видовому составу растительности, рельефу и погодным условиям.

Ключевые мероприятия: обустройство территории, проведение профилактических выжиганий с целью снижения запасов лесных горючих материалов.

- **По раннему обнаружению**

Используются: методики обработки спутниковой информации по раннему обнаружению очагов возгорания.

Ключевые мероприятия: засыпка кромки пожара грунтом; прокладка на пути распространения пожара заградительных и минерализованных полос (каналов); пуск отжига (встречного низового и верхового пала огня), тушение с воздуха малоразмерных пожаров особенно в случае неблагоприятного прогноза глубокой засухи.

- **По мониторингу и прогнозу распространения фронта пожара, возникновению новых очагов**

Используются: методы и технологии прогноза развития пожарной ситуации.

Ключевые мероприятия: тушение горячей кромки водой; применение химических веществ; искусственное вызывание осадков из облаков, мониторинг очагов, которые могут быть потушены осадками и/или будут развиваться в условиях продолжающегося антициклона, т.е. нарастающей пожарной опасности по условиям погоды.

- **По оценке экологических, климатических и экономических последствий**

Используются: современные математические и компьютерные модели (климатические, экономические), технологии и методы оценки пройденных огнем территорий (гарей).

Ключевые мероприятия: спутниковый и наземный мониторинг.

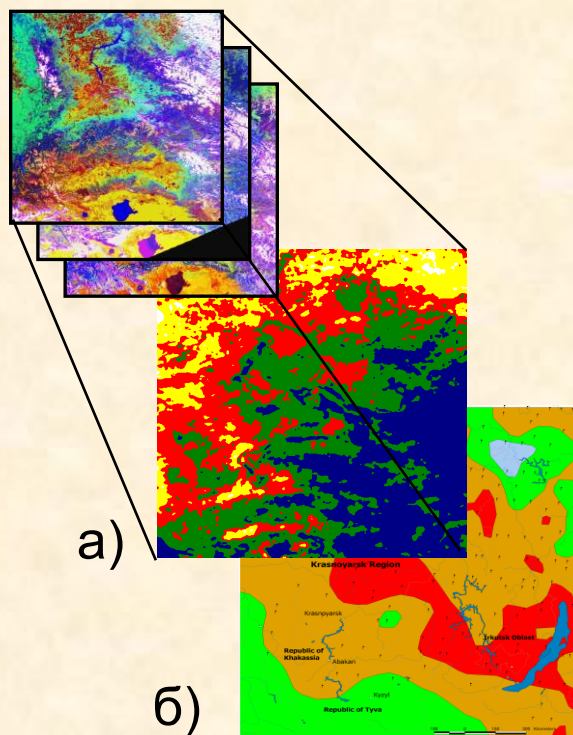
Управление пожарами в широком плане
включает:

- Противопожарную пропаганду
- Противопожарное устройство территории
- Систему прогноза возникновения и развития пожаров методы их раннего обнаружения и тушения

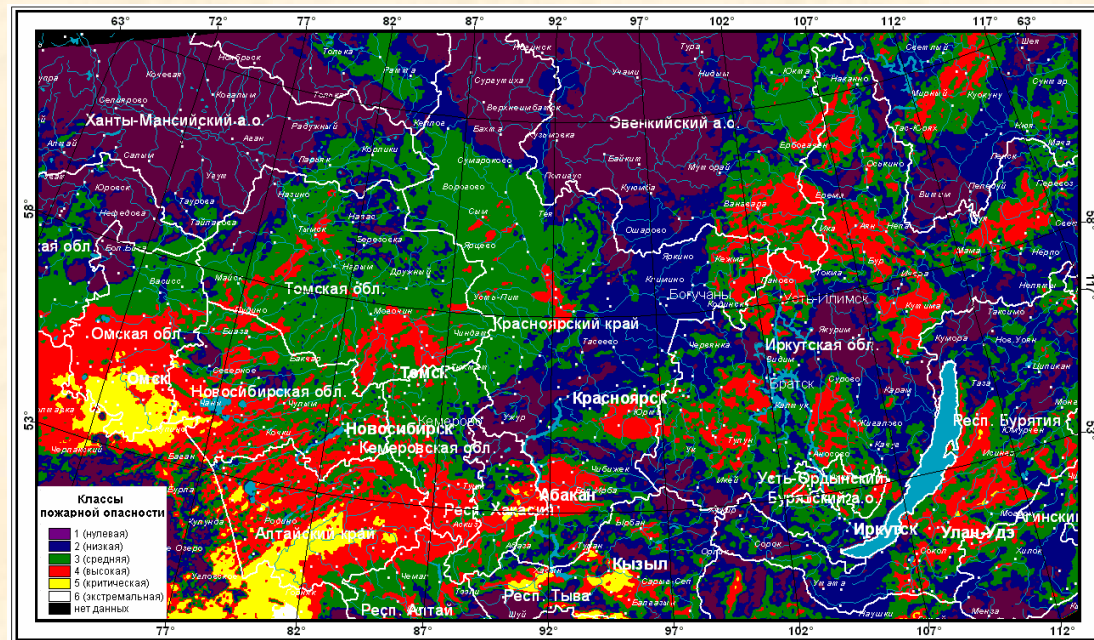
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

Прогноз вероятности возникновения и развития пожара (принципиальная схема)





Результат математической обработки – ежедневная картосхема классов пожарной опасности (а) и уровня грозовой пожарной опасности (б) на территории наблюдений



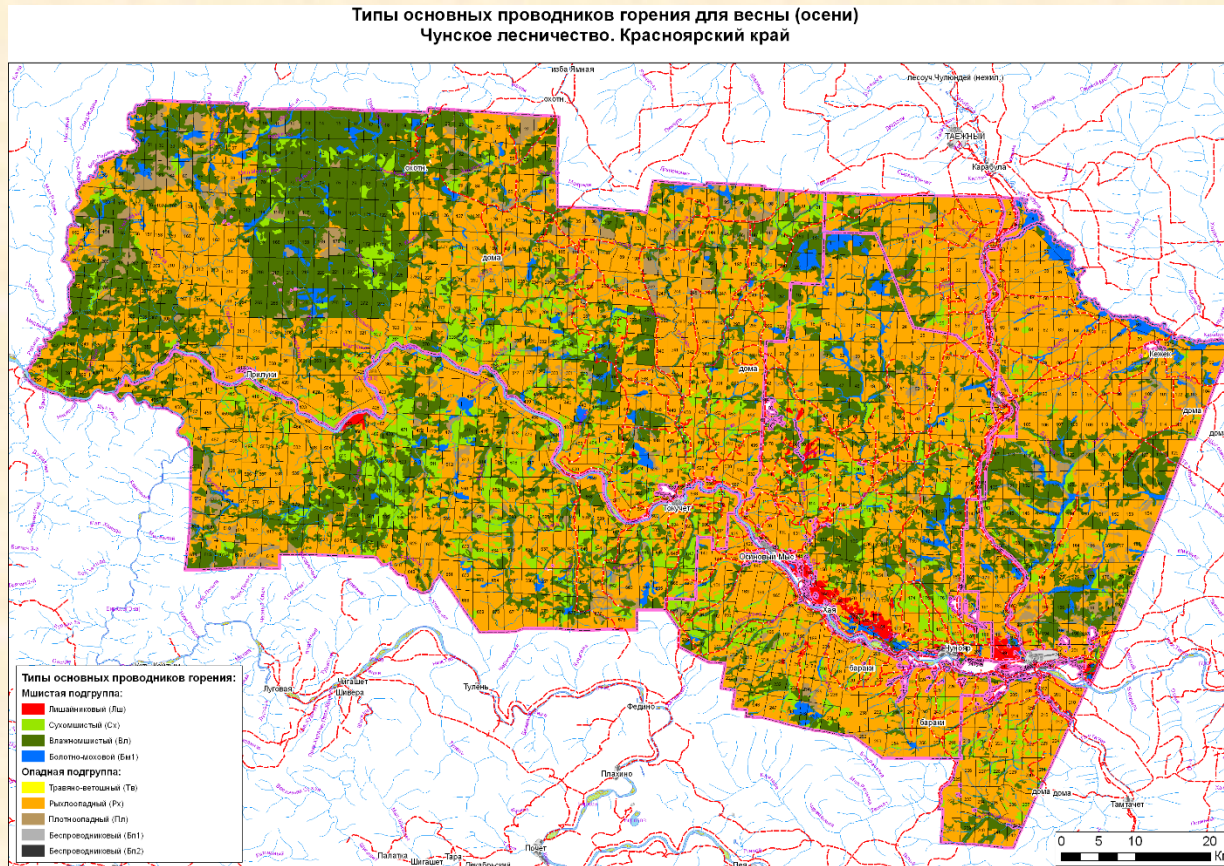
Реализована технология оценки уровня пожарной опасности по условиям погоды на основе обработки многоспектральных сканерных спутниковых съемок и грозовой пожарной опасности по данным зондирования профиля атмосферы в микроволновом диапазоне

Последствия усыхания кедровых лесов на хребте Хамар-Дабан, 2019 г.



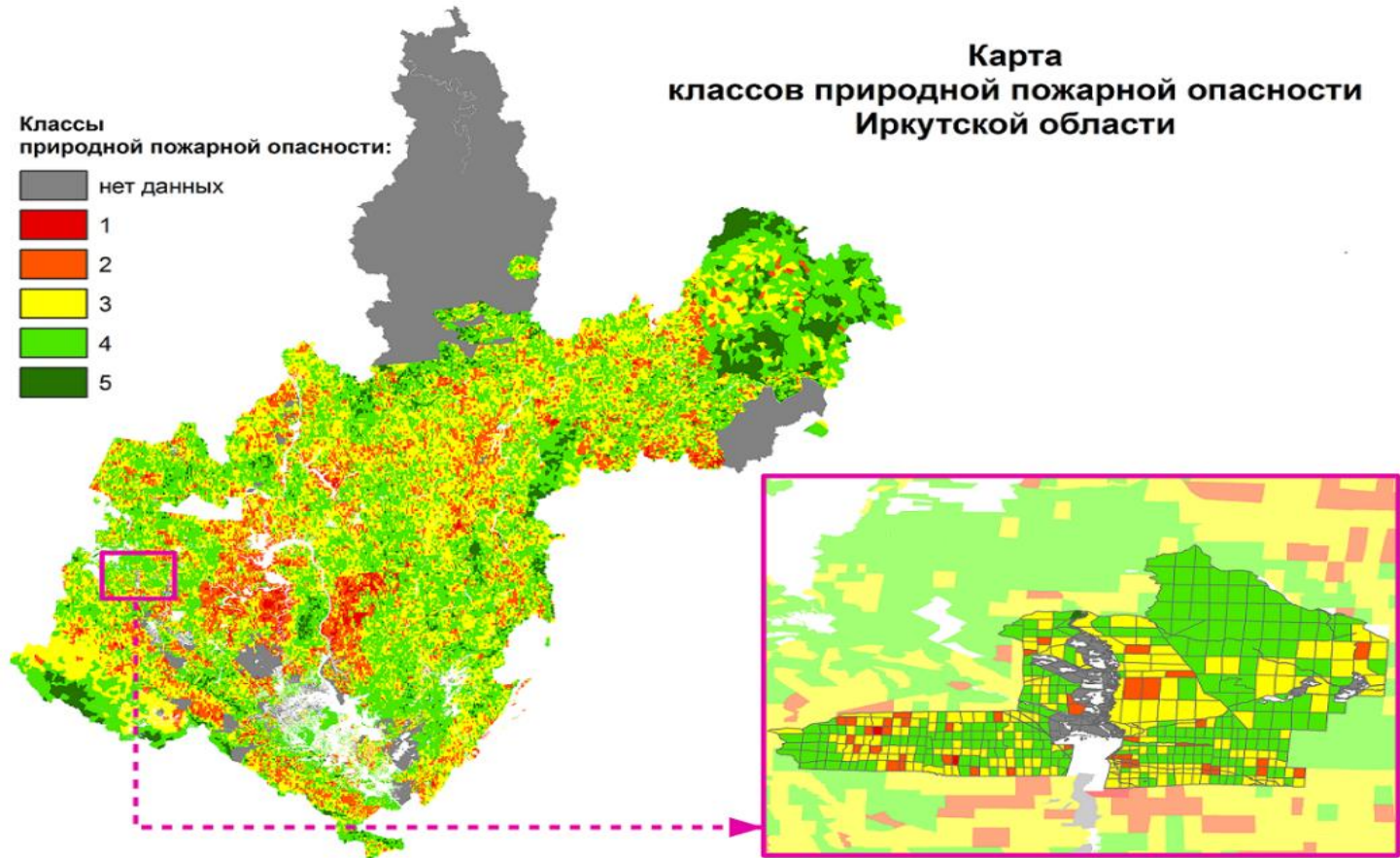
фото А.П. Софронов

КАРТА РГМ (весна,осень) на Чунское лесничество (включает карту типов ОПГ и пирологическое описание)



Карта классов природной пожарной опасности Иркутской области

Классы природной пожарной опасности:






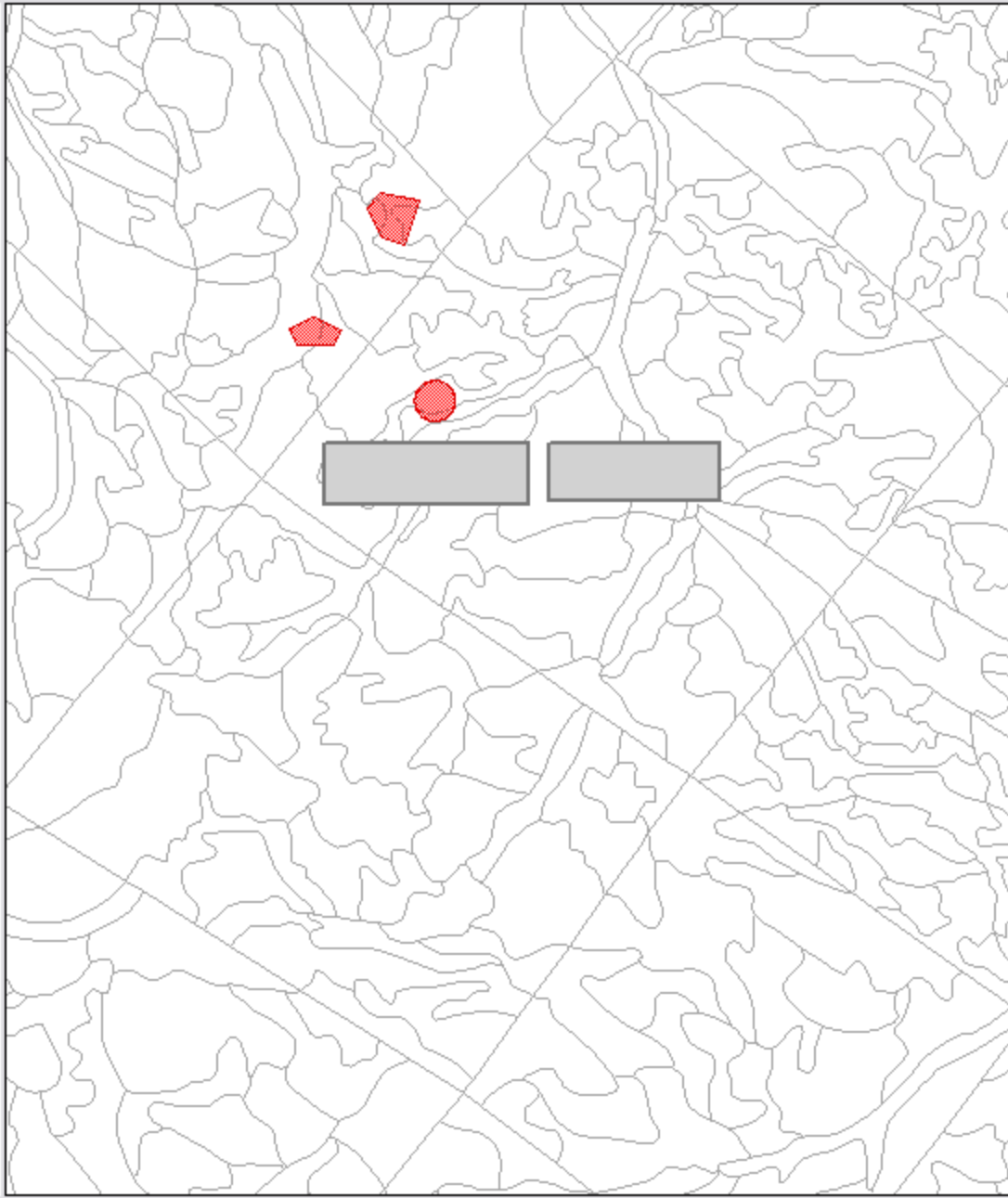
Актуализация карт классов природной пожарной опасности лесной территории



View1






- Fire 1.shp 
- Barriers 1.shp 
- L040202_polygon.s 

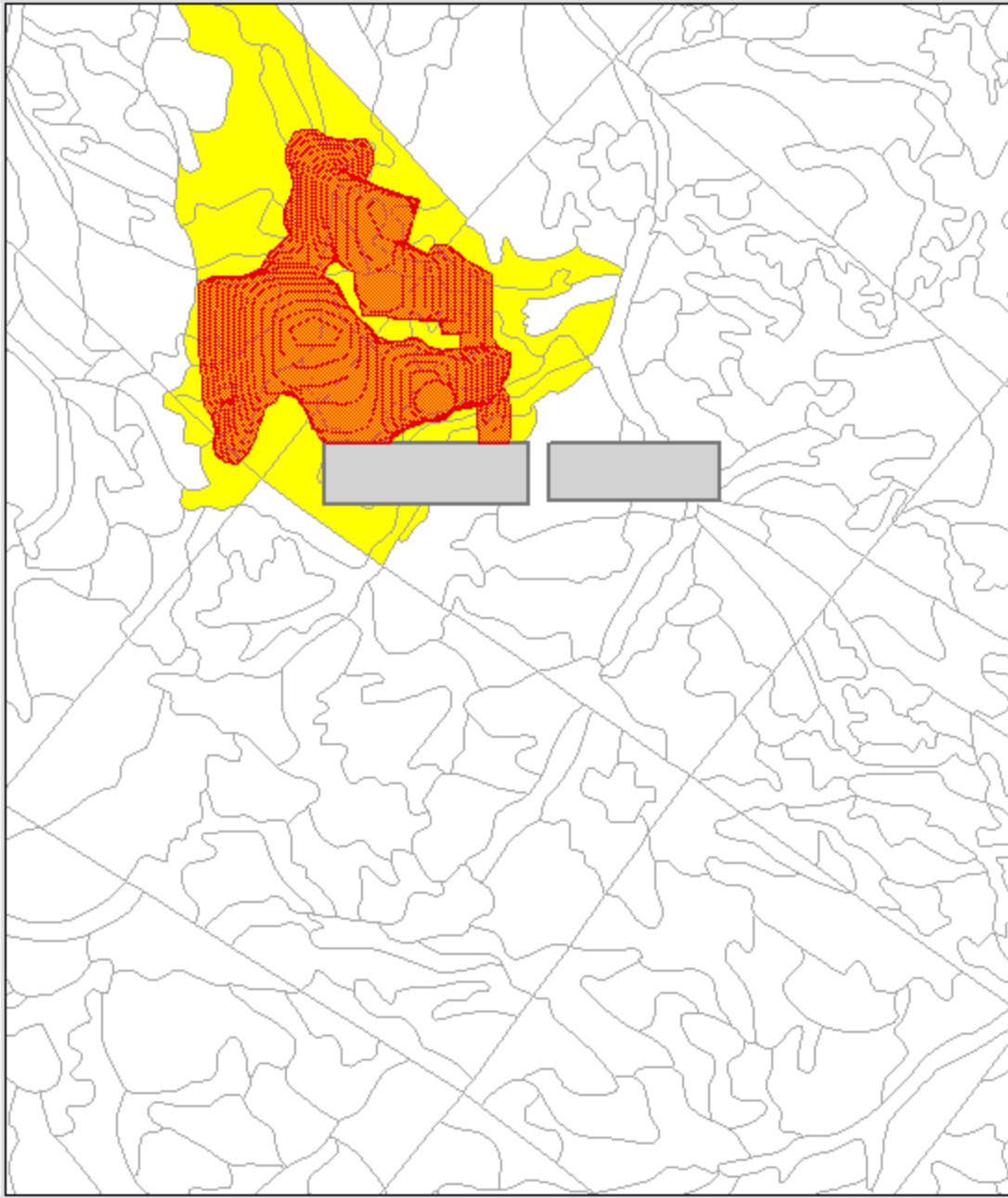


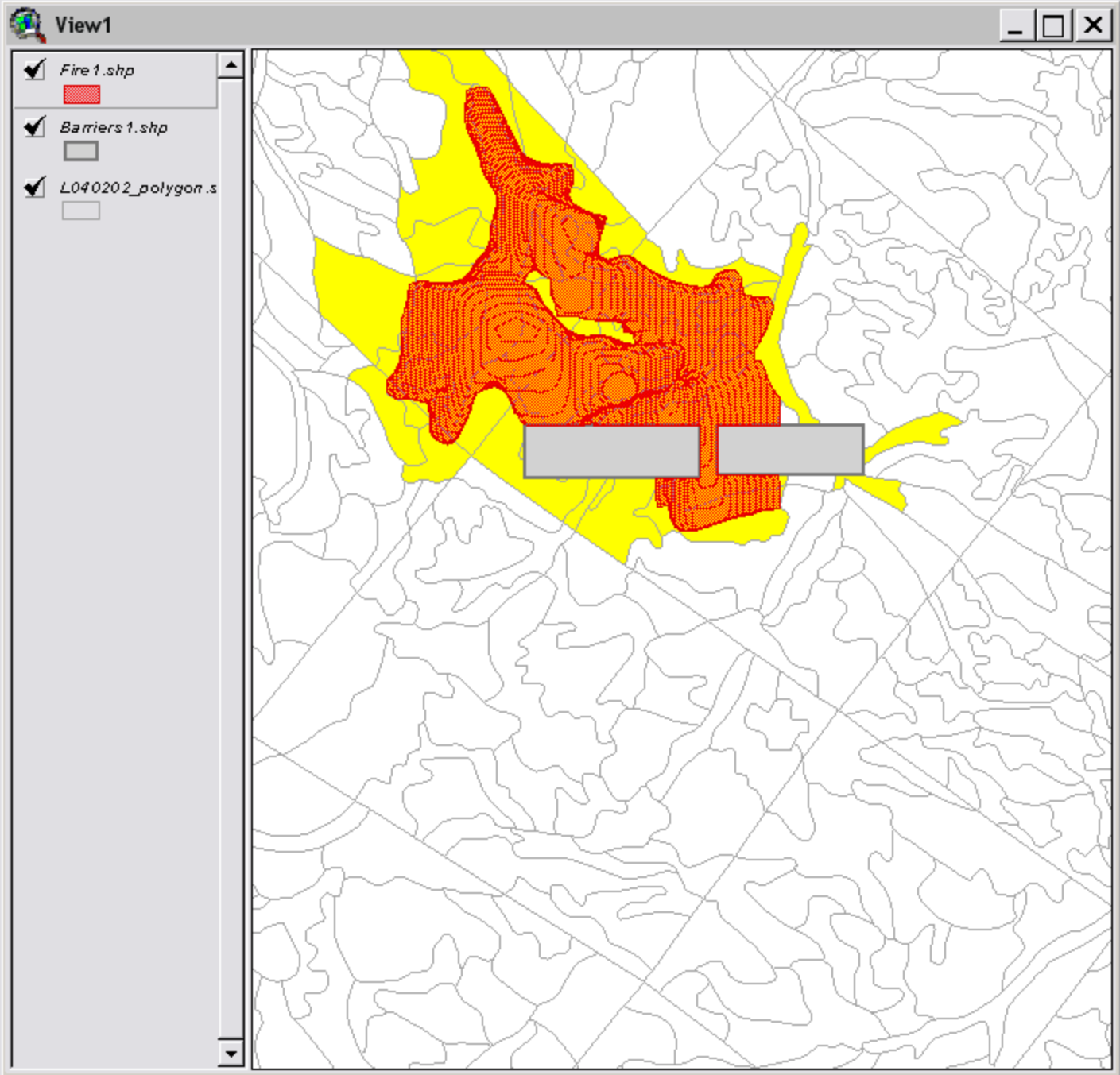


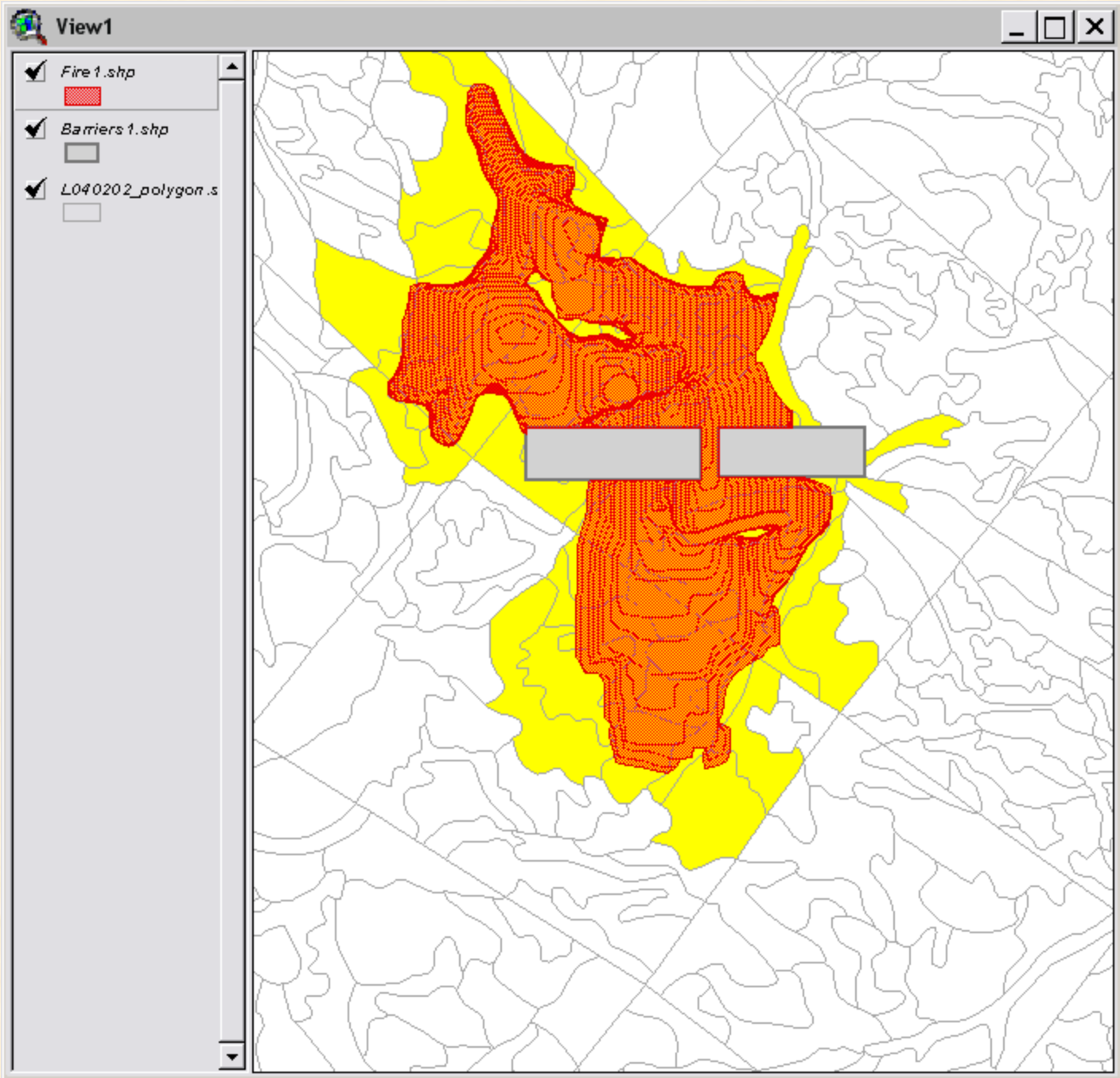
View1

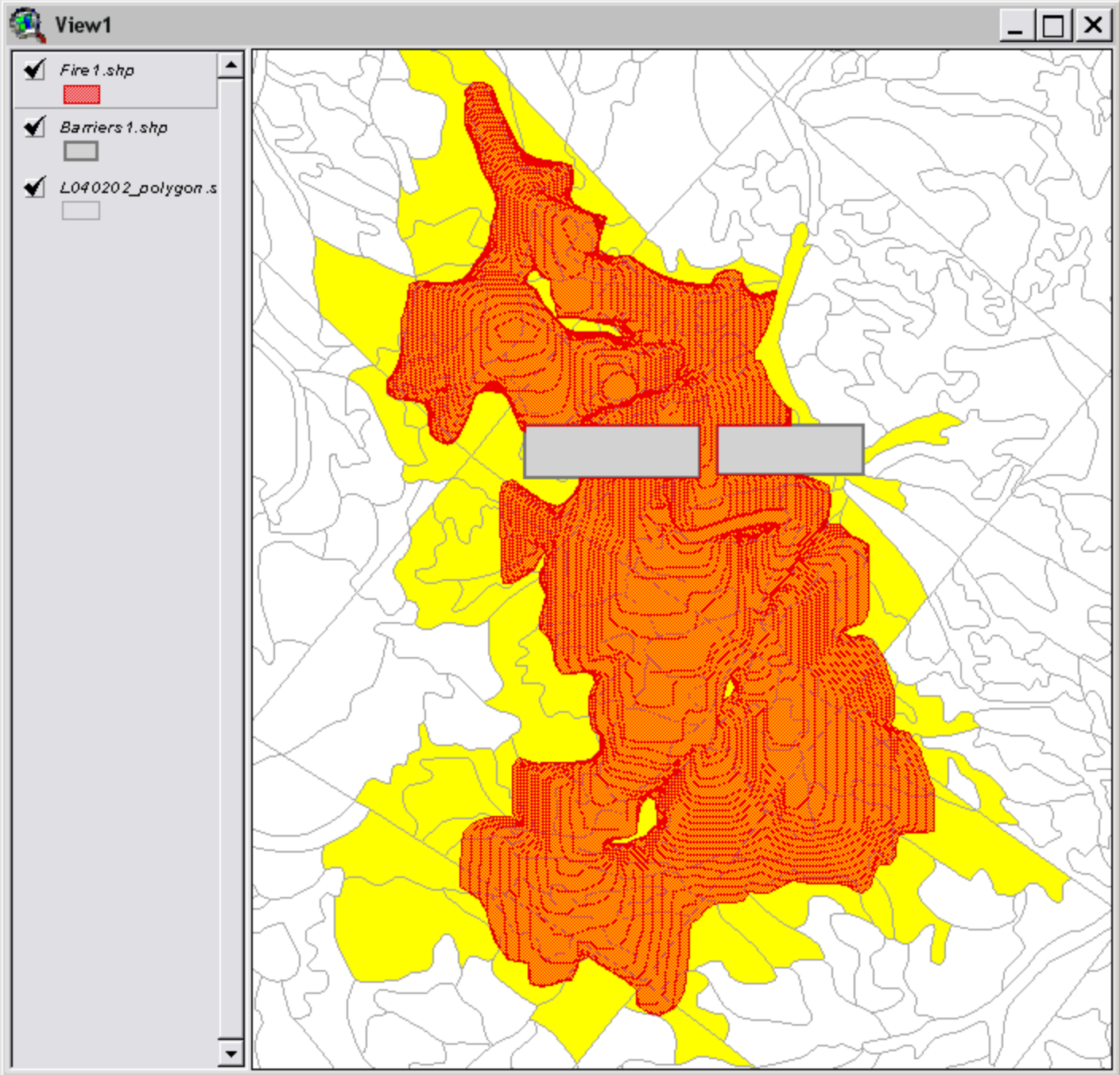


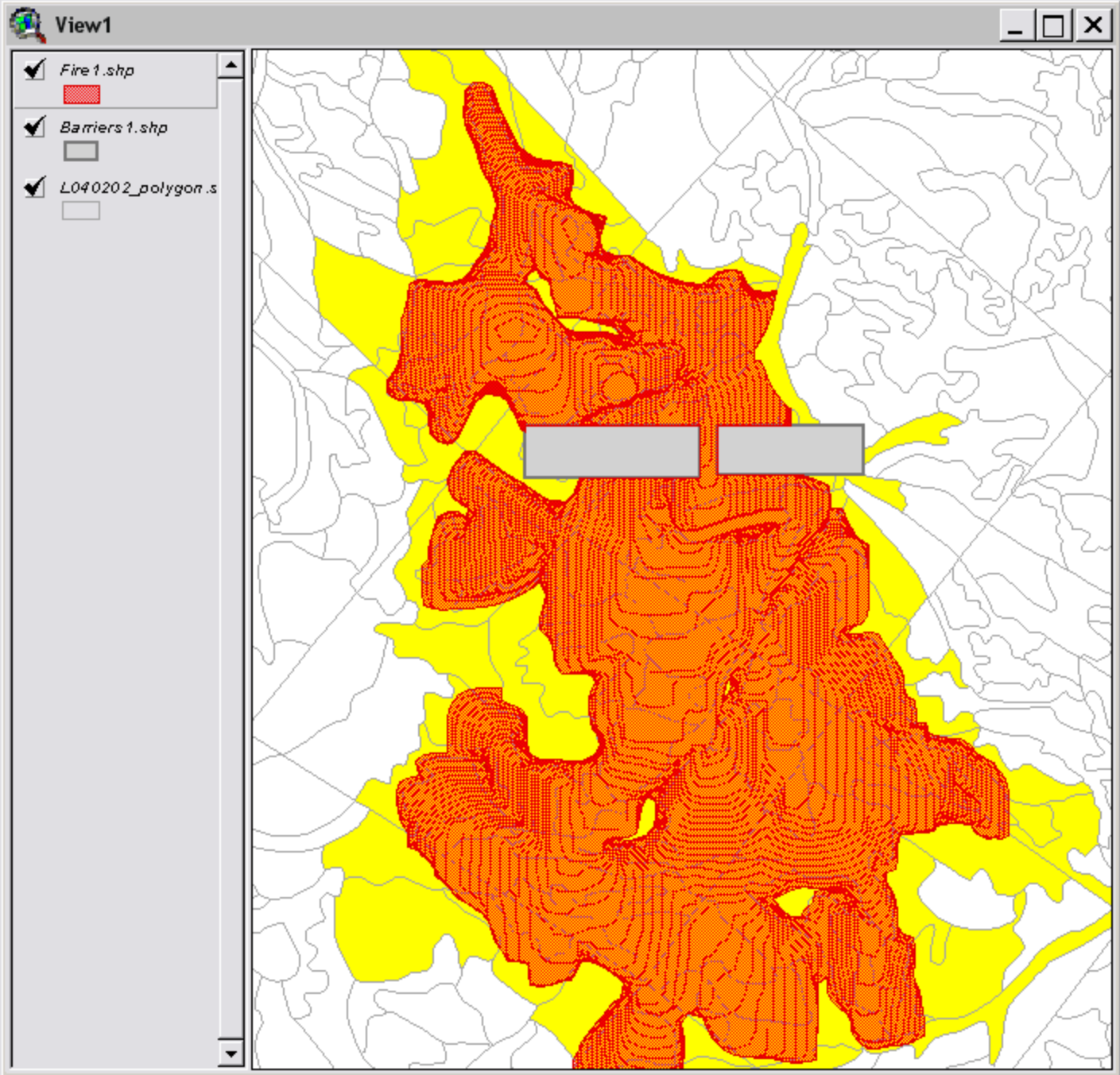
- Fire 1.shp*

- Barriers 1.shp*

- L040202_polygon.s*








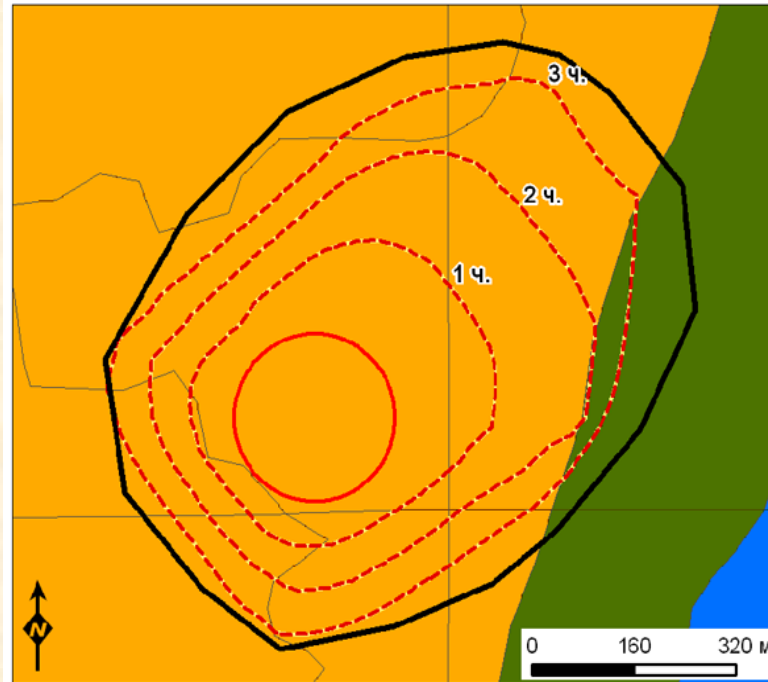




Основные результаты:

Проведена ретроспективная проверка программы прогноза распространения кромки лесного пожара, его интенсивности, последствий, а также прогноз результатов тушения пожара при различных вариантах применяемых сил и средств, на основе карт растительных горючих материалов

Прогноз распространения лесного пожара, выполненный в программе «PGM2». По данным «Авиалесоохраны» пожар обнаружен 13 июня 2009 г. в кв. 89 Новохайского участкового лесничества на площади 5 га и ликвидирован 15 июня на площади 60 га



- Начальный контур пожара
- Контур пожара после его ликвидации (по данным "Авиалесоохраны")
- Контур пожара, рассчитанные по модели
- с интервалом в 1 ч.


Типы основных проводников горения (весна-осень)

- Рыхлоопадный (Рх)
- Влажношистый (Вл)
- Болотно-моховой (Бм1)

Границы лесоустроительных выделов

Метеоданные

Показатель ПВ-1: 2285 Направление ветра
 Влажность воздуха: 36%
 Направление ветра: 50°
 Скорость ветра: 5 м/с



Расчетные характеристики пожара

Характеристика пожара	Время от начала прогноза, ч.		
	1	2	3
Площадь пожара, га	16	31	46
Периметр пожара, м	1430	2050	2540
Скорость увеличения периметра, м/час	620	540	550
Скорость увеличения площади, га/час	12.7	16.6	15.9
Средняя скорость фронта пожара, м/час	94	80	65
Средняя интенсивность кромки, кВт/м	280	270	240
Оценка интенсивности пожара	Средняя	Средняя	Средняя
Оптимальная скорость тушения, м/час	280	240	200
Минимальная ширина противопожарного барьера, м	12	11	9

Прогноз величины отпада в затронутых огнем выделах

Квартал	Выдел	Возможен верховой пожар	Отпад по породам, %								Общий отпад
			К	П	Е	С	Л	Б	ОС	ИВ	
89	16	Да	0	0	0	100	0	100	65	0	88
89	19	Нет	0	0	0	36	6	38	0	0	27
90	16	Да	0	0	0	100	0	100	63	0	87
90	17	Нет	0	0	0	36	5	37	0	0	26
90	18	Нет	0	0	67	0	0	32	0	0	33

Обеспечение превентивных мер для предотвращения лесных пожаров

1. Инструментальное обеспечение мониторинга.

Создание распределенной сети регионального мониторинга природных территорий для анализа современного состояния и прогноза возможных изменений параметров окружающей среды: скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха, наличия и интенсивности осадков, атмосферного электричества.



2. Анализ изменений климатических факторов пожарной опасности.

Анализ пожароопасных состояний на основе данных ретроспективы пожаров, и климатических условий, которые способствовали их возникновению и распространению.

В основе анализа - изучение климатических условий регионов (характеристики температуры воздуха, сумм атмосферных осадков, относительной влажности воздуха, средней месячной и максимальной скорости ветра гидротермические условия, ветровой режим, грозы и пр.), (в том числе погодных условий формирования предпожарных состояний).

Работа с индикаторами, отражающими увеличение пожарной опасности территории за период наблюдения.

Построение карт распределения по территории гидротермических индексов, включающих средние многолетние характеристики за отдельные месяцы и в среднем, карт трендов средних и экстремальных характеристик, карт оценок распределения экстремальных индексов, их повторяемости, продолжительности, оперативных карт пожарной опасности территории.

3. Исследование гидрологического и температурного режима осушенных и естественных торфяников.

Использование атмосферно-почвенных измерительных комплексов для регистрации основных параметров атмосферы, почвогрунтов и состояния болотных экосистем.

Заключение/Предложения

- Значительные сложности в тушении пожаров представляет отсутствия транспортных путей и, в целом, труднодоступность территорий малонаселенных районов Сибири. Для этих территорий наиболее характерны наибольшие площади пирогенных повреждений в противоположность частоте возгораний, которые чаще возникают в лесах густонаселенных районов и прилегающих к населенным пунктам.
- Наиболее действенной мерой борьбы с возгораниями антропогенного характера являются штрафы за розжиг костров и посещение лесов в противопожарный режим период. Умышленные поджоги должны караться наиболее жесткими мерами законодательства.
- Часто причиной возгораний является деятельность предприятий нефтегазового сектора. В случае возникновения лесных пожаров по их вине, штрафы должны налагаться на компании, при естественных причинах возгорания на арендованных участках они должны прилагать своевременные и достаточные усилия для ликвидации пожаров.
- Требуется внедрение мероприятий по стимулированию лесовосстановления: лесопосадки в районах с низким естественным лесовозобновлением, а значит и развитие лесопитомников, проведение достаточного количества рубок ухода, которые способствуют восстановлению коренных лесов.

Заключение/Предложения

- Необходима активная государственная программа по пропаганде бережного отношения к природе вообще и лесам страны в частности.
- При оценке последствий пожаров необходимо учитывать все виды ущерба, а не только объём сгоревшей древесины. В особенности необходимо учитывать влияние на здоровье населения.
- Требуется своевременное и достаточное выделение средств службам лесоохраны, для ликвидации возгораний, а не борьбы с уже распространившимися пожарами.
- Необходимо организация полной сети служб наземного контроля за территориями лесного фонда, тесное сотрудничество лесоохранных организаций, ООПТ (заповедников) со службами космического мониторинга, следящих за пожарной обстановкой на подведомственных территориях, а также со службами прогноза погодных условий, для своевременного реагирования на засушливые периоды.
- По результатам анализа пожарной опасности должно выполняться обустройство территории для её снижения.

Заключение/Предложения

- Для оценки пожарной опасности и последствий пожаров необходимо создание среднемасштабных и крупномасштабных геоинформационных баз данных (состава лесов, наличия охраняемых и редких видов и т.д.) по субъектам Федерации, что позволит выполнить научную оценку площадей лесов не по запасам древесины, что выполняется при лесоустроительных работах, а по качественному составу насаждений. Это позволит выявить наиболее ценные, редкие или по другим причинам требующие охраны участки лесов. На основе данных карт возможно ранжирование лесов по классам пожарной опасности. Кроме того, разделение лесов по классам от легковозгораемых до относительно устойчивых, позволит разработать соответствующие подходы для противопожарного мероприятий и мониторинга, например, какие типы лесов требуют более оперативного реагирования на возгорания и т.п. Составление подобных баз данных поможет прогнозированию восстановительных процессов для разных типов лесов в случае их нарушения и применения оптимальных мероприятий восстановления лесов.
- Разработка и внедрение методик обработки спутниковой информации по раннему обнаружению очагов возгорания.
- Возможен прогноз вероятности формирования условий для сильных пожаров исходя из анализа многолетней динамики пожарной активности. Представляется необходимым участие научных организаций в заблаговременном прогнозировании пожарной опасности и государственного заказа на выполнение данного типа исследований у профильных Институты.

Предложение в резолюцию Форума

Необходимо разработать современную, комплексную систему мониторинга лесных территорий, включающий:

- **Использование данных ДЗЗ для мониторинга и анализа состояния природных экосистем по следующим направлениям:**
 - **Мониторинг зарастания залежных земель**
 - **Гидрологический режим лесных территорий**
 - **торфяников и болот**
 - **Интеллектуальный анализ ДДЗЗ**
 - **Атмосферная коррекция**
- **Системы хранения и обработки спутниковых данных о состоянии лесных территорий**
- **Инструментальные методы**
 - **Сеть мониторинга природных территорий**
 - **Мониторинг гидрологического и температурного режима торфяников и болот**
 - **Мониторинг влажности полога леса**
 - **Мониторинг лесных пожаров и состояния нарушенных территорий**
-

Спасибо за внимание!

